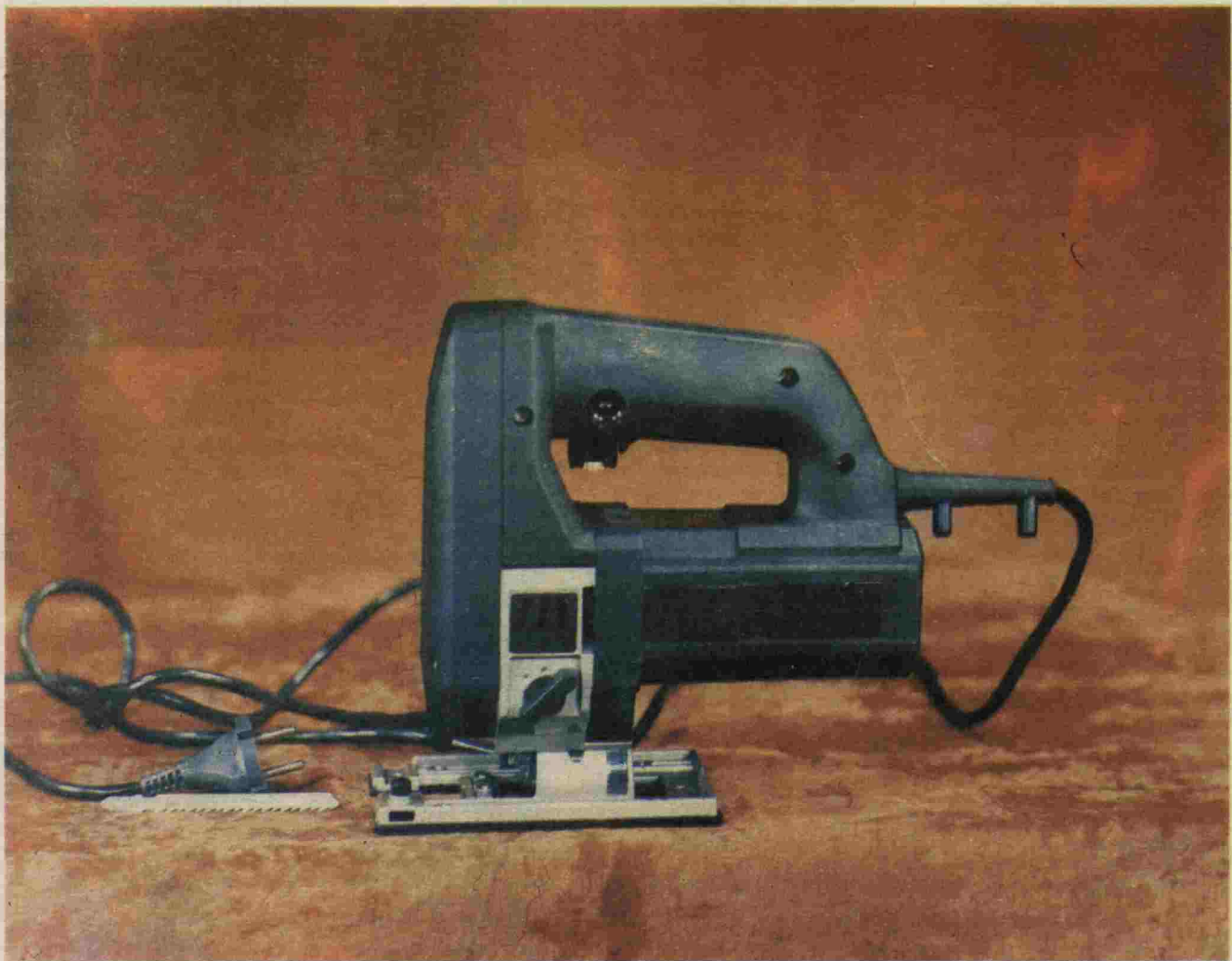


ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ 10.1992



В НОМЕРЕ:

- Управление организационными процессами на машиностроительных предприятиях
- Оценка производительности ЭВМ ПС2100
- Термодатчики на микросхемах
- Устройства и системы техники чистых помещений
- Реальные перспективы выхода России из социально-экономического кризиса

И. И. ИТЕНБЕРГ, В. А. ЛАРГИН, В. И. ХЕЙФЕЦ,
кандидаты техн. наук,
С. И. ПЕРМИНОВА, инж., Р. WOLKOTT, проф.

Оценка производительности ЭВМ ПС2100

Разработка и производство вычислительных систем, способных обрабатывать информацию с высокой производительностью (более 100 млн. операций с плавающей запятой в секунду), стали одной из заметных тенденций компьютеризации общества. Различают два способа достижения высокой производительности: создание универсальных суперЭВМ и комплексов со спецпроцессорами.

Универсальные суперЭВМ обеспечивают достаточно высокую производительность на широком круге задач, однако это очень дорогие и сложные устройства, для построения которых разрабатываются специальная авангардная технология, новые конструктивные принципы, способы охлаждения и т. д.

Комплексы со спецпроцессорами обеспечивают высокую производительность на узком классе задач, однако относительно дешевы, технологичны, толерантны к условиям эксплуатации. Эти факторы обусловили подходы к разработке вычислительного комплекса высокой производительности ПС2000 и последующего совместимого с ним комплекса ПС2100.

Высокопроизводительные ЭВМ ПС2100 предназначены для обработки больших массивов информации по алгоритмам, допускающим высокий коэффициент распараллеливания операций [1]. Решающее поле ЭВМ образуется из N мультипроцессоров. Мультипроцессор с SIMD архитектурой [2] работает в однозадачном режиме. На K мультипроцессорах одновременно могут выполняться K ветвей одной задачи. Мультипроцессоры связаны между собой высокоскоростным матричным коммутатором.

Основная техническая характеристика мультипроцессора

Число процессорных элементов	64
Число регистров общего назначения в процессорном элементе	1024
Разрядность чисел с плавающей запятой	32/64

Емкость оперативной памяти, Мбайт	8
Производительность мультипроцессора на операциях с плавающей запятой, PОН-PОН×PОН, млн. операций/с:	
сложения чисел:	
32-разрядных	64
64-разрядных	7
умножения чисел:	
32-разрядных	30
64-разрядных	3,75
Время выполнения операции загрузка — запись, мкс:	
32-разрядного числа	1,7/1,4
64-разрядного числа	3,4/2,8

Значения производительности характеризуют потенциальные возможности мультипроцессора. Интерес представляет определение реальной производительности, достигаемой на пользовательских или контрольно-оценочных программах.

Цель данной работы — анализ результатов тестирования мультипроцессора PC2100 с помощью benchmark тестов.

Оценка производительности ЭВМ PC2100 на тесте Linpack benchmark

Реальная производительность ЭВМ является сложной функцией таких факторов, как аппаратные характеристики, структурные и архитектурные особенности, языки программирования и качество компиляторов, используемые алгоритмы и т. д.

Производительность спецпроцессоров, к которым относится мультипроцессор PC2100, оценивается преимущественно на задачах, разрабатываемых пользователями. Для оценки производительности универсальных ЭВМ разработаны универсальные benchmark тесты [3—5], написанные на языках высокого уровня и пригодные для постановки на любой машине. Применение универсальных benchmark тестов к оценке производительности спецпроцессоров может снизить реальный уровень качества спецпроцессора, однако представляет большой интерес, поскольку дает информацию о возможностях расширения области применения. Достаточно широко для оценки реальной производительности используются benchmark тесты, в частности тест Linpack. Пакет Linpack — это набор подпрограмм на языке ФОРТРАН для решения различных систем линейных уравнений [3].

Для эксперимента использовалась задача с размерностью матрицы 100×100 и 1000×1000 с форматами данных одинарной и двойной точности. Организующая часть программы написана на языке ФОРТРАН мониторинговой подсистемы (процессор PC1001), вычислительная часть — на языке ASPS программирования мультипроцессора. Язык ASPS занимает промежуточное положение между языками типа АССЕМБЛЕР и ФОРТРАН.

В табл. 1 приведены сравнительные характеристики ряда зарубежных ЭВМ и PC2100 с одним мультипроцессором. Показатель эффективности рассчитан по формуле $WL = P_L/P_p$, где P_L — производительность на пакете Linpack; P_p — пиковая производительность.

Производительность на пакете Linpack получена как отношение суммарного числа сложений и умножений с плавающей запятой к времени решения задачи. Пиковая производительность для мультипроцессора PC2100 получена для смеси 75 % операций сложения/вычитания и 25 % операций умножения. Табличные значения для зарубежных ЭВМ взяты из [3]. Как следует из табл. 1, ЭВМ PC2100 по показателю эффективности занимает промежуточное положение.

При решении задачи с размерностью матрицы 1000×1000 на ЭВМ PC2100 с одним мультипроцессором получены производительность 10 Мфлопс и соотношение реальная/пиковая производительность 0,21. Увеличение эффективности по сравнению с задачей размерности 100×100 вызвано увеличением удель-

Характеристики ЭВМ в задаче с размерностью матрицы 100×100

Тип ЭВМ	Производительность, Мфлопс		Показатель эффективности
	пиковая	реальная	
Multiflow	15	6	0,40
Ardent Titan-1	16	6,1	0,38
Convex C-2	50	10	0,20
SCS-40	44	8,0	0,18
PC2100 (один мультипроцессор 32-разрядного формата)	48	5,3	0,11
IBM 3090/VF-180E	116	13	0,11
«Amdahl 500»	133	14	0,11
FPS 264	54	5,6	0,10
«Titan-4»	128	12	0,09
Alliant FX/8	94	7,6	0,08
NEC SX-1	650	39	0,06

ного веса чисто арифметических операций и соответственно уменьшением накладных расходов (организации цикла, относительного числа обращений к ОЗУ и т. д.).

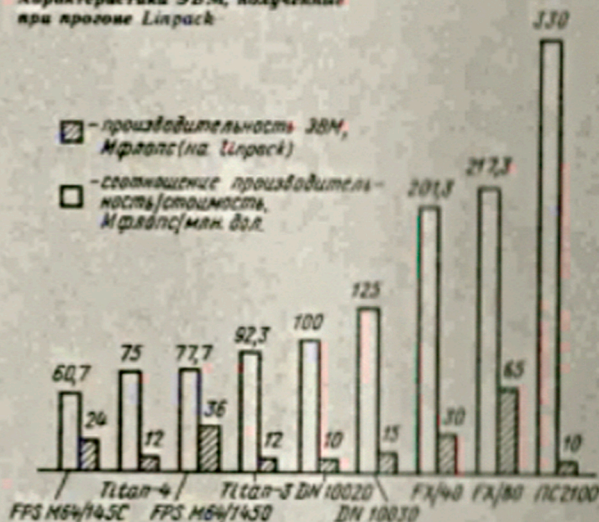
В табл. 2 приведены экономические показатели ряда супермини-ЭВМ и суперАРМ, обладающих лучшим соотношением производительность/стоимость, чем супермини- и суперЭВМ. В последней колонке приведены значения отношения производительности ЭВМ по программе Linpack к стоимости ЭВМ. Данные табл. 2 в наглядной форме приведены на рисунке.

Таблица 2

Экономические показатели супермини-ЭВМ и суперАРМ

Тип ЭВМ	Стоимость, млн. дол.	Производительность на Linpack, Мфлопс	Отношение реальной производительности к стоимости, млн. операций/млн. дол.
PC2100 (один мультипроцессор)	0,030	10	300
FX/80 фирмы Alliant Computer System (США)	0,299	65	217,3
FX/40 той же фирмы	0,149	30	201,3
DN 10030 фирмы Apollo Computer Inc. (США)	0,20	15	125
DN 10020 той же фирмы	0,100	10	100
«Titan-3» фирмы Ardent Computer Corp. (США)	0,13	12	92,3
FPS M64/145D	0,463	36	77,7
«Titan-4»	0,16	12	75
FPS M64/145C	0,395	24	60,7

Характеристики ЭВМ, полученные при прохождении Linpack



Корректная оценка по показателю отношение реальной производительности к стоимости зависит от выбранного соотношения доллар/рубли. Так, при выбранном отношении доллар/рубли, равном 1:10, данный показатель для мультимикропроцессора PC2100 (см. четвертый справа столбец табл. 2) составляет 300 единиц.

Исходные параметры (стоимость, пиковая производительность, производительность на Linpack) для зарубежных ЭВМ взяты из работы [6].

Из табл. 2 следует, что, уступая ряду ЭВМ в абсолютной производительности, ЭВМ PC2100 имеет хорошие показатели реальной производительности на единицу стоимости.

Приведенные в табл. 1 и 2 результаты для ЭВМ PC2100 получены для 32-разрядного формата с плавающей запятой. Производительность при двойном формате данных (64 разряда) в 5 раз меньше, чем при основном.

Оценка производительности ЭВМ PC2100 на операциях умножения матриц

Для измерения производительности ЭВМ можно использовать метод ядер. Ядро — это небольшая типовая задача, к примеру обращение матрицы или вычисление полинома. В табл. 3 приведены данные по эффективной производительности (в мегафлопсах) при умножении матриц большой размерности. Данные по зарубежным ЭВМ взяты из работы [4]. Для ЭВМ PC2100 они получены для двух конфигураций: с одним и двумя мультимикропроцессорами.

Из табл. 3 видно, что при размерности матрицы более 50 практически наступает насыщение производительности ЭВМ PC2100 с одним мультимикропроцессором. Для ускорения вычислений целесообразно использовать решающее поле из двух мультимикропроцессоров. В частности, на операциях умножения матриц практический эффект от второго мультимикропроцессора наступает при размерности матрицы, равной 100 и более.

Таблица 3

Размерность матрицы	Тип ЭВМ				
	CRAY X-MP-4	Fujitsu VP-200	Hitachi S-810/20	PC2100	
				один мультимикропроцессор	два мультимикропроцессора
50	98,4	112,9	100,0	8,98	8,98
100	135,7	225,2	213,3	9,23	12,32
150	149,0	328,1	279,3	9,28	15,10
200	156,2	404,5	336,8	9,30	16,19
250	165,9	462,2	366,7	11,66	20,66
300	167,9	469,2	390,4	11,20	20,31

На производительность ЭВМ PC2100 при обработке матриц существенно влияют два фактора. Первый — относительная величина накладных расходов на организацию вычислений. При увеличении размерности эта величина монотонно уменьшается. Второй фактор — степень загрузки решающего поля мультимикропроцессоров. На матрицах размерностью, не кратной 64, часть процессорных элементов простаивает при обработке «хвоста» вектора. Влиянием этих двух факторов и объясняется зависимость эффективной производительности ЭВМ PC2100 от размерности матрицы, приведенная в табл. 3.

Программа написана на языке ASPS, формат обрабатываемых данных 32-разрядный с плавающей запятой.

Производительность на операциях умножения матриц на едином решающем поле, состоящем из двух

мультимикропроцессоров, практически вдвое выше, чем производительность на тех же операциях с одним мультимикропроцессором.

Оценка производительности ЭВМ PC2100 на программных циклах Ливерморской лаборатории

Циклы Ливерморской лаборатории используют для оценки производительности вычислительных систем с середины 60-х гг. Применяемые 24 цикла на языке ФОРТРАН представляют собой ядра вычислений, которые обычно используются в научных расчетах, например внутреннее произведение матриц, алгоритмы поиска и записи в память, цикл поиска Монте-Карло [5]. Программы для ЭВМ PC2100 написаны на языке ФОРТРАН-ПС, являющемся расширением стандартного языка ФОРТРАН.

На Ливерморских циклах производительность в зависимости от типа цикла колеблется от 10 Мфлопс до сотых долей мегафлопса. Так, максимальная производительность (10,08 Мфлопс) PC2100 достигнута на цикле № 8. Цикл состоит из шести уравнений. Он легко поддается векторизации, несколько итераций можно выполнять одновременно. Подобные вычисления наиболее выгодны для мультимикропроцессора PC2100 с учетом особенностей его структуры.

Минимальная производительность получена на цикле № 17. Это пример неявного условного вычисления. Итерации выполняются последовательно, так как на каждом шаге в зависимости от результатов предыдущей итерации выбирается один из двух путей дальнейших вычислений.

Выводы

Анализ полученных результатов показывает, что на проблемно-ориентированной ЭВМ PC2100 достаточная реальная производительность (10 Мфлопс и более) достигается при следующих условиях:

- векторно-матричных вычислениях;
- параллельной независимой обработке L потоков данных, выполняемой по одной программе ($16 \leq L \leq 64$);
- задачах с регулярным графом информационных обменов, в которых, к примеру, преобладают пересылки, где каждый предыдущий процессорный элемент передает информацию соседнему.

Выполненные исследования и достаточный опыт эксплуатации подтверждают, что архитектурная и структурная ориентация ЭВМ PC2100 позволяет эффективно решать задачи обработки геофизической информации, обработки изображений, математической физики, цифровой обработки сигналов и др.

Важно также отметить, что по показателю «отношение реальной производительности к стоимости» ЭВМ PC2100 находится на уровне лучших образцов.

Список литературы

1. Итенберг И. И., Пивоваров Г. Ю., Резанов В. В. Высокопроизводительные проблемно-ориентированные вычислительные комплексы PC2100 // Приборы и системы управления. 1989. № 6.
2. Итенберг И. И., Набатов А. С., Хейфец В. И. и др. Мультимикропроцессор PC2100 // Приборы и системы управления. 1990. № 9.
3. The Linpack benchmark: an explanation Dangarra J. // Supercomputing Magazine. Spring, 1988.
4. Lubeck O., Moore J., Mendez R. A benchmark comparison of three supercomputers: Fujitsu VP-200, Hitachi S 810/20 and Gray X-MP/2 // Computer. 1985. Vol. 18. N 12.
5. John T. Feo. An analysis of the computational and parallel complexity of the hiversmore hoops // Parallel Computing. 1988. N 7.
6. Вычислительная техника за рубежом в 1988—1989 гг. М.: ИТМ и ВТ АН СССР, 1989.